

## **Análise de viabilidade do reaproveitamento de sedimentos dragados como fertilizantes naturais em solos agrícolas de duas barragens da República Dominicana**

### ***Feasibility analysis of the reuse of dredged sediments as natural fertilizers in agricultural soils of two Dominican Republic dams***

**Pinho, C.**<sup>1,2,3\*</sup>, **Fonseca, R.**<sup>1,2,3</sup>, **Araújo, A.**<sup>1,3</sup>, **Araújo, J.**<sup>1,3</sup>, **Nogueira, P.**<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Geociências. Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora

<sup>2</sup> Laboratório AmbiTerra (Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, Universidade de Évora). Rua da Barba Rala, n.º1, Parque Industrial e Tecnológico de Évora, 7005-345 Évora

<sup>3</sup> Instituto de Ciências da Terra (ICT), Polo da Universidade de Évora. Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora

\* c\_pinho@uevora.pt

**Resumo:** As barragens são algumas das infraestruturas que asseguram a produção de energia elétrica. No entanto, estas constituem barreiras artificiais, que influenciam o transporte sedimentar, aceleram a sedimentação e reduzem o seu tempo de vida útil. A dragagem sedimentar torna-se mais frequente, levantando problemas associados à sua correta deposição. Uma das opções de reutilização passa pela sua aplicação na agricultura, sendo necessária a caracterização espacial e temporal do seu teor em nutrientes. Foram analisadas em colunas sedimentares de duas albufeiras da República Dominicana (Sabana Yegua - SY e Tavera - T) os teores de  $P_{Total}$  e  $P_{Ext.}$ ,  $C_{Total}$  e  $C_{Org.}$ ,  $K_{Ext.}$ , N e S. A presença de nutrientes nos solos é essencial para a produção vegetal uma vez que são absorvidos pelas plantas, sendo essenciais para o seu ciclo vegetativo. A análise dos sedimentos revelou maior variabilidade vertical destes elementos e entre amostras, e % médias superiores em SY, comparativamente com T. Quando comparados com as % médias para solos agrícolas verificaram-se % próximas ou superiores em fases extraível, sugerindo a possibilidade da sua reutilização na agricultura.

**Palavras-chave:** Forma extraível, Dragagem, Nutrientes, Reutilização, Sedimentos

**Abstract:** Hydroelectric dams are some of the infrastructure that ensures the production of electricity. However, these constitute artificial barriers, directly influencing sediment transport, accelerating sedimentation and reducing its useful life. Sedimentary dredging becomes more frequent, raising problems associated with its correct deposition. One of the options for sediments reutilization is its application in agriculture, being necessary the special and vertical characterization of nutrients. Thus, in sedimentary columns collected in two reservoirs from the Dominican Republic (Sabana Yegua - SY and Tavera - T) of  $P_{Total}$  and  $P_{Ext.}$ ,  $C_{Total}$  and  $C_{Org.}$ ,  $K_{Ext.}$ , N and S. Nutrients in soils are essential for plant production since they are absorbed by plants and they are essential for their vegetative cycle. The sediments analysis revealed higher vertical variability and between samples, and higher contents of nutrients in SY, compared to T. Comparing with average values for agricultural soils, sediments show higher contents in extractable phases, suggesting the possibility of their reuse in agriculture.

**Keywords:** Extractable form, Dredging, Nutrients, Reuse, Sediments

## 1. Introdução

A construção de barragens em cursos de água é uma prática comum e necessária que se destina principalmente à produção de energia elétrica. Estas barreiras artificiais interferem diretamente na deriva sedimentar rio-praia, representando armadilhas artificiais que promovem a deposição de sedimentos nas suas albufeiras. Esta acumulação sedimentar reduz o tempo de vida útil da barragem, contribuindo ainda para a degradação da qualidade da água devido às interações geoquímicas sedimento água. Este facto agrava-se em zonas do globo, onde a ocorrência periódica de fenómenos meteorológicos extremos (furacões) aceleram o processo de assoreamento. A deposição excessiva de sedimentos leva a uma necessidade periódica de execução de dragagens que levantam questões ambientais relacionadas com a extração e deposição dos sedimentos extraídos (Fonseca, *et al.*, 2019). O estudo da viabilidade de aplicação destes sedimentos em solos empobrecidos, como elemento fertilizante, passa pela quantificação dos nutrientes essenciais para o crescimento e produção vegetal tais como carbono (C), azoto (N), enxofre (S), fósforo (P) e potássio (K). Estes nutrientes, quando em fase biodisponível, são facilmente absorvidos pelas plantas, sendo essenciais para o seu ciclo vegetativo. Esta quantificação permite ainda inferir, no caso do C e N, possíveis contaminações de origem antrópica, tais como descargas de efluentes domésticos. A aplicação destes sedimentos em zonas agrícolas empobrecidas consiste numa opção ambiental e economicamente benéfica para a sua reutilização (Pinho, *et al.*, 2018).

## 2. Área de Estudo

As barragens estudadas, Sabana Yegua (SY) e Tavera (T), localizadas na República Dominicana na Isla Hispaniola, pertencente ao Arquipélago das Antilhas, no Caribe, por se situarem em diferentes regiões da ilha, estão sob a influência de condições climáticas e geológicas distintas. A região de T, a Norte, mais acidentada e com maior pluviosidade média anual, tem como litologia predominante rochas tonalíticas, vulcano-

sedimentares e metamórficas. SY, situada mais a Sul da ilha, com clima mais quente e seco, é alimentada maioritariamente por materiais erodidos de rochas vulcano-sedimentares, rochas carbonatadas e detríticas e por menor extensão de rochas vulcânicas intermédias, como as tonalíticas. Uma das principais diferenças entre as duas bacias deve-se ao facto de a área total de SY e grande parte dos seus afluentes, estarem inseridos em formações sedimentares, detríticas e carbonatadas (Araújo, *et al.*, 2018).

## 3. Amostragem

As colunas sedimentares foram recolhidas com um corer UWITEC até aproximadamente 1 m de profundidade. A recolha foi realizada em alguns dos pontos mais representativos das albufeiras, o que permitiu abranger toda a extensão das mesmas em profundidade, em zonas representativas das fontes de alimentação sedimentar e das diferentes condições hidrodinâmicas, sendo recolhidas em SY 3 e em T 5 colunas sedimentares. As colunas sedimentares foram seccionadas em sub-amostras de 1 cm desde a superfície até aos 15 cm e de 2 cm dos 15 cm até ao final das respetivas colunas. As sub-amostras foram refrigeradas até tratamento laboratorial.

## 4. Metodologia

O teor em P Total ( $P_{Total}$ ) das amostras foi determinado pelo método de Murphy & Riley (1962) por espectroscopia de absorção molecular. O P e K extraível ( $P_{Ext}$ ,  $K_{Ext}$ ) foram extraídos de 2,5 g de amostra pelo método de Egner-Riehm (Egner *et al.*, 1960 in Sardi *et al.*, 2012), sendo o  $P_{Ext}$  determinado por UV-VIS segundo o mesmo método do  $P_{Total}$  e o  $K_{Ext}$  por ICP-OES. A quantificação de C, N e S total nas amostras foi obtida por análise elementar (AE) por combustão a alta temperatura. O  $C_{org.}$  das amostras foi determinado por subtração do valor do  $C_{Total}$  ao teor de C obtido após reação com  $\approx 8$  ml de ácido clorídrico (HCl), lavagem posterior com  $H_2O$  ultra-pura e secagem.

## 5. Resultados e Discussão

Em média verificam-se teores de  $P_{Ext}$  em SY entre 127,05 mg.kg<sup>-1</sup> (SY9) e 225,87

mg.kg<sup>-1</sup> (SY1) e em T entre 76,55 mg.kg<sup>-1</sup> (T1) e 909,47 mg.kg<sup>-1</sup>(T7). O P<sub>Total</sub> varia entre 178,55 mg.kg<sup>-1</sup> (SY9) e 853,52 mg.kg<sup>-1</sup> (SY16) em SY e 94,38 mg.kg<sup>-1</sup> (T7) e 788,89 mg.kg<sup>-1</sup> (T1). Os teores destes nutrientes variam em profundidade, com alguma expressão à superfície, aumento até profundidades intermédias, nova redução e posterior aumento nos casos de colunas com maior profundidade (Fig.1a;1b). Este comportamento poderá dever-se à granulometria média das amostras, que em profundidade, se apresenta predominantemente fina com percentagens médias de areia, silte e argila de 1,37 %, 35,33 % e 63,29 % em SY e 1,42 %, 37,24 % e 61,34 % em T respetivamente. Esta característica poderá influenciar a fixação de compostos orgânicos ao longo da coluna sedimentar podendo esta variabilidade vertical estar associada a atividade biológica. O K<sub>Ext</sub>, comporta-se identicamente em profundidade, sendo geralmente superior ao P<sub>Ext</sub>, à exceção do observado mais superficialmente em SY (Fig.1a). Segundo a classificação de Kepner *et al.*, (2003), são verificados teores de P<sub>Ext</sub> médios a enriquecidos nas colunas sedimentares de T à exceção da coluna T13, mais empobrecida, e teores enriquecidos a muito enriquecidos em SY (Fig.1c).

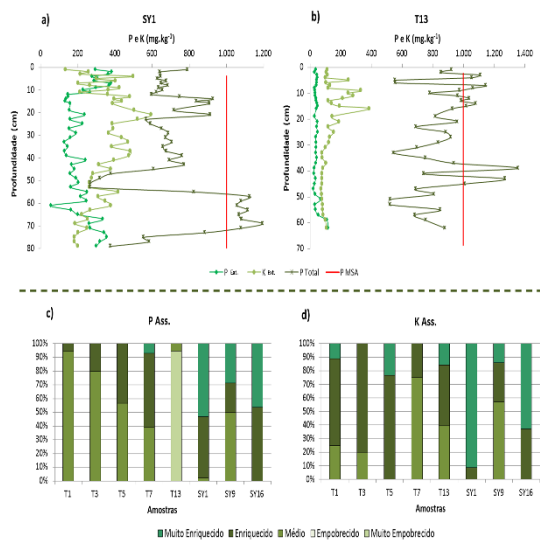


Fig. 1 – Variação do P<sub>Ext</sub>, K<sub>Ext</sub>, e P<sub>Total</sub> no core SY1 e T13 [1a;1b)]. Classificação, segundo (Kepner *et al.*, 2003), da % dos teores nos cores de SY e de T [1c;1d)].

O K<sub>Ext</sub>, é identificado como enriquecido em T, atingindo em T1 e T5 teores muito enriquecidos. SY apresenta igualmente teores elevados, espacial e verticalmente, à exceção da coluna SY9 com uma maior variabilidade (Fig.1d). A comparação dos teores da forma total de P com os médios em solos agrícolas (MSA) (Quelhas dos Santos, 1991) identificou um empobrecimento, uma vez que são em geral inferiores à MSA de 1000mg.kg<sup>-1</sup> (Fig.1c;1d).

A análise do C revelou teores de C<sub>Total</sub> superiores e uma maior variabilidade espacial e temporal em SY (Fig.2b). A razão C<sub>Total</sub>/C<sub>Org.</sub> em SY mostra uma proporção significativa deste elemento sob forma orgânica, (Tab. 1), indicando a influência das rochas carbonatadas da bacia nos seus sedimentos. Os teores e a relação entre as duas formas são superiores à superfície, sugerindo o predomínio de atividade biológica nas camadas superficiais, atingindo teores superiores à MSA de 5% (Quelhas dos Santos, 1991), em camadas superficiais (0-5; 10-15cm) e em casos pontuais, em algumas mais profundas (Fig.2a).

Tab. 1 – Comparação da percentagem C<sub>Total</sub> e C<sub>Org.</sub> determinada na coluna sedimentar SY9 da bacia de SY, por AE.

Amostra	C Total (%)	C Org. (%)
SY9: 0-1	2,60	> 2,22
SY9: 1-2	2,55	> 2,14
SY9: 2-3	2,43	> 1,89
SY9: 3-4	2,22	> 1,86
SY9: 4-5	1,68	> 1,49
SY9: 5-6	1,42	> 1,29
SY9: 6-7	1,29	> 1,28
SY9: 8-9	1,37	> 1,34
SY9: 10-11	1,52	> 1,44
SY9: 12-13	1,27	> 1,24
SY9: 13-14	1,32	> 1,19

A AE revelou ainda % médias de N e S, mais reduzidas relativamente às obtidas para o C<sub>Total</sub>, apresentando uma variação em profundidade idêntica aos restantes elementos: maiores teores à superfície com tendência a decréscimo em profundidade. A semelhança dos restantes elementos verifica-se uma maior variabilidade em SY, tendo em T um comportamento mais constante em

profundidade (Fig.2b). A % média de N foi ainda comparada com os MSA: 0,02% - 0,25% (Quelhas dos Santos, 1991), o que revelou teores inseridos nessa média para as duas bacias. Em T, apesar de menor variabilidade, os sedimentos revelam maiores % em N (Fig. 2c).

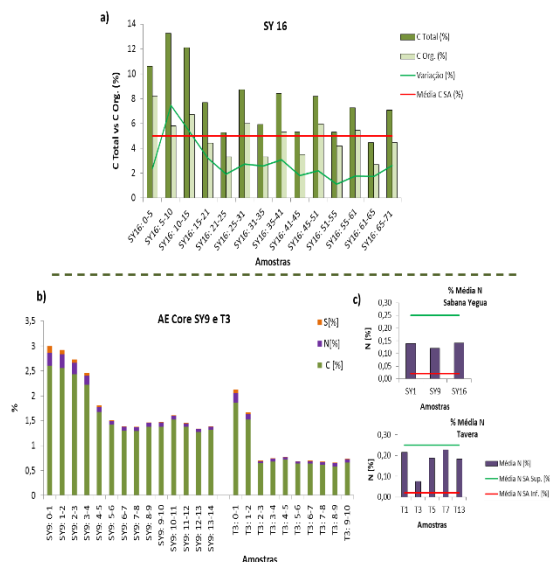


Fig. 2 – Variação do C<sub>Total</sub> vs C<sub>Org</sub>. no core SY16 e comparação com a MSA [2a)]. Teores em C, N e S dos cores SY9 e T3 [2b)] e comparação dos teores médios em T e SY com a MSA [2c)].

## 6. Conclusão

A avaliação das colunas sedimentares amostradas identificou teores em P<sub>Total</sub> consideráveis nas duas albufeiras. Em SY, com teores superiores aos de T, verifica-se uma maior variabilidade entre amostras e em profundidade. Na sua forma extraível foram identificados teores com alguma expressividade em SY, seguindo um perfil em profundidade idêntico ao do P<sub>Ext</sub>, isto é: maior expressão à superfície, com diminuição em profundidades intermédias e novo aumento a maiores profundidades. O K<sub>Ext</sub> mais elevado em SY, verificou em T uma maior variabilidade que os restantes elementos. A análise do C<sub>Total</sub> revelou % médias mais elevadas em SY, com teores de C<sub>Org</sub>. próximos aos de C<sub>Total</sub>, ocorrendo ainda % de C<sub>Org</sub>. superiores ou próximas da MSA. O N ocorre, em média, inserido na MSA nas duas barragens, sendo mais elevado em T. A ocorrência destes nutrientes, em fase extraível, em %

médias próximas ou superiores à MSA, corresponde a um fator favorável para a aplicação destes sedimentos na produção agrícola. A análise em profundidade revelou diferentes comportamentos, verificando-se que os sedimentos mais enriquecidos em nutrientes, se encontram nas camadas mais superficiais, sendo que apenas em alguns casos tendem a aumentar nas camadas mais profundas. A dragagem e aplicação destes sedimentos terá de ser sempre complementada por caracterização textural das possíveis áreas de aplicação, de modo a que a sua eficácia seja a maior possível, tendo em conta aspetos como a erosão seletiva.

## Agradecimentos

Financiamento aprovado pelo FONDOCYT no âmbito do projeto “Aprovechamiento de los sedimentos de los embalses como nutrientes para la fertilización de suelos agrícolas en la República Dominicana”.

## Referências

- Araújo, J. F., Nogueira, P. M., Fonseca, R. M., Pinho, C. G., Araújo, A. A. 2018. Caracterização geoquímica de sedimentos de fundo de barragens Dominicanas. Geonovas, 31, 73-84.
- Fonseca, R., Pinho, A. C., Araújo, J. 2019. Impact of extreme climatic events on the spatial and temporal distribution of major and trace elements in bed sediments of reservoirs in the Dominican Republic - General Assembly 2019 (Áustria), Vol. 21, EGU2019-5957.
- Kepner, W. G., Rubio, J. L., Mouat, D. A., Pedrazzini, F. 2003. Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue. Springer, Series C: Environmental Security, vol.3, 614p.
- Murphy, J., Riley, J. P. 1962. A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. Analytica Chimica Acta, n.27, pp.31-36.
- Pinho, C., Fonseca, R., Araújo, A. 2018. Avaliação da aplicabilidade de fitorremediação como complemento de técnicas de remediação in situ numa planície aluvionar contaminada por metais pesados (MG, Brasil). Congresso Nacional de Geologia, Açores (Portugal). Vulcânica VOL. II, ISSN: 1646-3269, XCNG – 17696.
- Quelhas dos Santos, J., 1991. Fertilização. Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. Europa-América, Mem Martins, Portugal, 441 p.
- Sárdi, K., Balázs, Á., Salamon, B. 2012. Interrelations in Phosphorus and Potassium Accumulation Characteristics of Plants Grown in Different Soil Types. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.43, 1-2, pp.324-333.